

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-021855

(43)Date of publication of application : 21.01.2000

(51)Int.Cl. H01L 21/3065  
H01L 21/203  
H01L 21/205

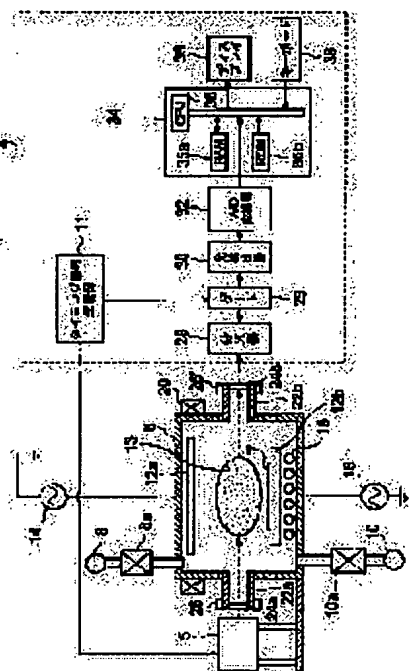
(21)Application number : 10-184647 (71)Applicant : HAMAMATSU PHOTONICS KK  
(22)Date of filing : 30.06.1998 (72)Inventor : YOSHIDA HARUMASA

**(54) METHOD AND DEVICE FOR SEMICONDUCTOR MANUFACTURING CONDITIONS, SEMICONDUCTOR MANUFACTURING EQUIPMENT USING THE DEVICE AND SEMICONDUCTOR SUBSTRATE MANUFACTURED BY THE SEMICONDUCTOR MANUFACTURING EQUIPMENT**

**(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a setting method for semiconductor manufacturing conditions, a device, a semiconductor manufacturing equipment by which a plasma process of a semiconductor can be performed under stable conditions and a semiconductor substrate.

**SOLUTION:** This method comprises a light-emitting means 5, spectrum means 28 by which plasma transmitted light is spectrally diffracted, light-detecting means 30 for converting transmitted light intensity to an electrical signal, transmitted light intensity calculating means 35 for calculating transmitted light intensity, based on the electrical signal, an absorbed wavelength calculating means 35 for calculating the absorbed wavelength based on the transmitted light intensity 35, corresponding to a wavelength selecting means 35 for selecting more than two corresponding wavelengths, normal transmitted light data making means 35 for making normal transmitted light data which is the relation between parameters and each corresponding wavelength, a determination means 35 for permissible range of the transmitted light, by which the permissible range of the transmitted light is determined, calculating means 35 for the transmitted light intensity during process with which the transmitted light intensity during the substrate 7 is processed, and candidate selecting means 35 for selecting candidate parameters which correspond to the intensity during the process.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 25.06.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 06.06.2006

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号  
特開2000-21855  
(P2000-21855A)

(43)公開日 平成12年1月21日(2000.1.21)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	FI	テマコード <sup>*</sup> (参考)
H01L 21/3065		H01L 21/302	E 5F004
21/203		21/203	S 5F045
21/205		21/205	5F103

審査請求 未請求 請求項の数10 OL (全 15 頁)

(21)出願番号 特願平10-184647

(22)出願日 平成10年6月30日(1998.6.30)

(71)出願人 000236436

浜松ホトニクス株式会社  
静岡県浜松市市野町1126番地の1

(72)発明者 吉田 治正

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ  
トニクス株式会社内

(74)代理人 100088155

弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

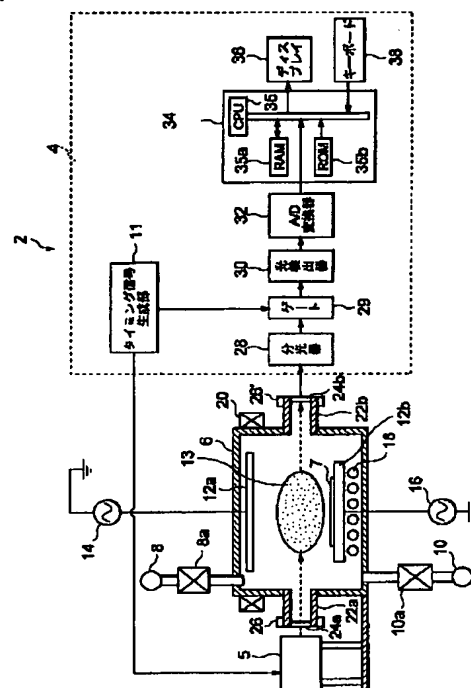
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体製造条件設定方法、半導体製造条件設定装置、この装置を用いた半導体製造装置、及びこの半導体製造装置により製造された半導体基板

(57)【要約】

【課題】 半導体のプラズマプロセスを安定な状態で行える半導体製造条件設定方法、装置、半導体製造装置、及び半導体基板を提供すること。

【解決手段】 光出力手段5と、プラズマ透過光を分光する分光手段28と、透過光強度を電気信号に変換する光検出手段30と、電気信号に基づいて透過光強度を算出する透過光強度算出手段35と、透過光強度に基づいて吸収波長を算出する吸収波長算出手段35と、二以上の対応波長を選択する対応波長選択手段35と、パラメータと各対応波長の透過光強度との関係である基準透過光データを作成する基準透過光データ作成手段35と、許容透過光範囲を決定する許容透過光範囲決定手段35と、被処理基板7の処理中の透過光強度を算出する処理中透過光強度算出手段35と、処理中強度に応じた候補パラメータを選定する候補選定手段35とを備える。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 チャンバ内に発生させたプラズマを使用して被処理基板に処理を施す半導体製造工程の製造条件を設定する方法であって、  
 前記プラズマに光を照射する工程と、  
 前記プラズマを透過した前記光を分光する工程と、  
 分光された前記透過光の各波長の透過光強度を算出する工程と、  
 前記透過光強度に基づいて、前記プラズマにおける吸収波長を算出する工程と、  
 前記製造条件である複数のパラメータの値を増減変化させたときに当該パラメータの増減変化に伴って前記透過光強度が変化する前記吸収波長の中から、少なくとも二以上の前記吸収波長を対応波長として前記各パラメータごとに選択する工程と、  
 前記パラメータの値と、前記各対応波長の前記透過光強度に基づく値との関係を示す基準透過光データを前記各パラメータごとに作成する工程と、  
 前記パラメータの許容範囲に対応した、前記各対応波長の前記透過光強度に基づく範囲である許容透過光範囲を前記各パラメータごとに決定する工程と、  
 前記被処理基板に前記処理を施す際に得られる前記透過光の前記各対応波長の透過光強度である処理中透過光強度を算出する工程と、  
 前記基準透過光データに基づいて、前記処理中透過光強度に応じた候補パラメータを前記各パラメータの中から選定する工程と、  
 前記処理中透過光強度に基づく値が前記許容透過光範囲を越えたときに、当該処理中透過光強度に基づく値が前記許容透過光範囲内になるまで前記候補パラメータの値を調整する工程と、  
 を備えることを特徴とする半導体製造条件設定方法。

【請求項 2】 前記パラメータは、前記プラズマを生成するための高周波電力、前記プラズマを生成するための周波数、前記プラズマ内に含まれるイオン又はラジカルを前記被処理基板方向へ誘導するためのバイアス電圧、前記チャンバ内に流入するガスの流量、前記チャンバ内の圧力、前記プラズマを高密度に維持するための磁界の強さ、又は前記チャンバ内の温度のうちの少なくとも一つであることを特徴とする請求項 1 記載の半導体製造条件設定方法。

【請求項 3】 チャンバ内に発生させたプラズマを使用して被処理基板に処理を施す半導体製造工程の製造条件を設定する装置であって、  
 前記プラズマに向けて光を出力する光出力手段と、  
 前記プラズマを透過した前記光を分光する分光手段と、  
 前記透過光の分光方向に分解能を有し、分光された前記透過光の各波長成分を受光するとともに当該透過光の各波長の強度に応じた電気信号を出力する光検出手段と、  
 前記光検出手段から出力された電気信号に基づいて、前

記透過光の各波長の強度を算出する透過光強度算出手段と、

前記透過光強度算出手段より算出された透過光強度に基づいて、前記プラズマにおける吸収波長を算出する吸収波長算出手段と、

前記製造条件である複数のパラメータの値を増減変化させたときに当該パラメータの増減変化に伴って前記透過光強度が変化する前記吸収波長の中から、少なくとも二以上の前記吸収波長を対応波長として前記各パラメータごとに選択する対応波長選択手段と、

前記パラメータの値と、前記各対応波長の前記透過光強度に基づく値との関係を示す基準透過光データを前記各パラメータごとに作成する基準透過光データ作成手段と、

前記パラメータの許容範囲に対応した、前記各対応波長の透過光強度に基づく範囲である許容透過光範囲を前記各パラメータごとに決定する許容透過光範囲決定手段と、

前記被処理基板に前記処理を施す際に得られる前記透過光の前記各対応波長の透過光強度である処理中透過光強度を算出する処理中透過光強度算出手段と、

前記基準透過光データに基づいて、前記処理中透過光強度に応じた候補パラメータを前記各パラメータの中から選定する候補パラメータ選定手段と、

を備えることを特徴とする半導体製造条件設定装置。

【請求項 4】 制御信号を受信することにより前記候補パラメータの値を制御するパラメータ値制御手段と、  
 前記処理中透過光強度に基づく値が前記許容透過光範囲を越えたときに、当該処理中透過光強度に基づく値が前記許容透過光範囲内になるまで前記パラメータ値制御手段に前記制御信号を送信するパラメータ値設定手段と、  
 を更に備えることを特徴とする請求項 3 記載の半導体製造条件設定装置。

【請求項 5】 前記パラメータは、前記プラズマを生成するための高周波電力、前記プラズマを生成するための周波数、前記プラズマ内に含まれるイオン又はラジカルを前記被処理基板方向へ誘導するためのバイアス電圧、前記チャンバ内に流入するガスの流量、前記チャンバ内の圧力、前記プラズマを高密度に維持するための磁界の強さ、又は前記チャンバ内の温度のうちの少なくとも一つであることを特徴とする請求項 3 記載の半導体製造条件設定装置。

【請求項 6】 前記光出力手段が出力状態にあるときに所定時間を指示する第一の受光タイミング信号および前記光出力手段が出力停止状態にあるときに前記所定時間と同時間を指示する第二の受光タイミング信号を生成するタイミング信号生成手段を備え、

前記光検出手段は、前記第一の受光タイミング信号に基づいて前記所定時間だけ、第一受光可能状態になると共に、前記第二の受光タイミング信号に基づいて前記所定

時間と同時間だけ、第二受光可能状態になり、前記透過光強度算出手段は、前記第一受光可能状態にある前記光検出手段から出力された電気信号と前記第二受光可能状態にある前記光検出手段から出力された電気信号との差に基づいて、前記透過光強度を算出することを特徴とする請求項 3 記載の半導体製造条件設定装置。

【請求項 7】 チャンバ内にプラズマを発生させ、当該プラズマを使用して被処理基板に処理を施すことにより半導体基板を製造する半導体製造装置において、請求項 3～請求項 6 の何れか一項記載の半導体製造条件

設定装置を備え、前記チャンバは、当該チャンバ内に前記光を入射するための入射窓と、当該チャンバ内の前記プラズマの発光及び前記透過光を外部へ放出させるための監視窓とを有し、

前記半導体製造条件設定装置の前記分光手段は、前記監視窓を通過した前記プラズマ光及び前記透過光が入射する位置に配置されていることを特徴とする半導体製造装置。

【請求項 8】 前記入射窓又は前記監視窓のうち少なくとも一方は、曇り止め手段を備えていることを特徴とする請求項 7 記載の半導体製造装置。

【請求項 9】 前記曇り止め手段は、前記入射窓又は前記監視窓のうち少なくとも一方を加熱するヒータであることを特徴とする請求項 8 記載の半導体製造装置。

【請求項 10】 請求項 7～請求項 9 の何れか一項記載の半導体製造装置により前記処理を施されたことを特徴とする半導体基板。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高周波電力を利用してチャンバ内に発生させたプラズマを使用して被処理基板に処理を施すプラズマエッチング、スパッタリング、プラズマ CVD 等（以下「プラズマプロセス」という。）の半導体製造工程において、高周波電力等の諸条件を設定する方法、装置、この装置を用いた半導体製造装置、及びこの半導体装置により製造された半導体基板に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来から、半導体製造プロセスの中で、プラズマを使用するプラズマプロセスが知られている。このプラズマプロセスを効率良く行うためには、プラズマを発生するための高周波電力、チャンバ内の圧力、及びチャンバ内に流入するエッチングガス等の流量等を所定の値に設定しておくことが必要であり、これら高周波電力、チャンバ内圧力、及びガス流量等のパラメータは、それぞれ半導体製造装置の外部に付設された高周波電力計、容器内圧力計、及びガス流量計等により監視されている。

【0003】これらの計器によれば、プラズマプロセス

中に、チャンバの外部から与えた各パラメータの大きさ、具体的には、高周波発生器からチャンバ内の高周波電極等に印加された高周波電力、排気バルブからチャンバ内のガスが排出された後の容器内圧力、及びガス導入バルブを通過してチャンバ内に流れ込むガスの流量等を測定することができる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、プラズマプロセス中の半導体製造装置においては、プロセス中に生成された処理材料の分解物がチャンバの内部壁面や高周波電極に付着するため、高周波発生器から供給される高周波電力に対するインピーダンス変化を起こして反応に使われる実効電力が変動し、また、真空保持用の材料の劣化に伴って、容器内圧力が変動する。さらには、ガス導入バルブの開放時に生じるガスの急激かつ多量の流入やガス導入バルブの開閉誤差のため、チャンバ内、特に、ウエハ等の被処理基板の近傍のガス流入量やガスの混合比が変動してしまう。実効電力や容器内圧力等のパラメータの変動は、例えば、プラズマエッチングにおいてエッチングの方向が所望の方向にならなかったり、プラズマ CVD において膜質が変質したり均一にならない、という製品の品質低下を招くことになる。

【0005】このようなパラメータの変動は、半導体製造装置の外部に付設された高周波電力計等の各種計器では測定不可能なため、各種計器が所望の値を示しているにもかかわらず、実際のパラメータの値は所望の値とは異なるという事態が生じる。そして、かかる事態の発生は、外部の各種計器では発見できないため、プラズマプロセスが正常に行われていないにもかかわらず半導体の製造処理が継続して進行されたり、また、プロセス終了後の材料の不具合から半導体製造装置の異常に気付いても、材料に不具合を生じさせる原因となったパラメータが分からないため、装置の復旧方法を見出すことができない。

【0006】このようにプラズマプロセスの進行に影響を与える各パラメータの状況を高周波電力計、容器内圧力計、及びガス流量計等のチャンバ外部に取り付けられた計器により監視するだけでは、チャンバ内において時々刻々と変化するパラメータの値を掌握することができず、半導体製造装置による安定したプラズマプロセスを行うことが困難となる。

【0007】本発明は、かかる事情に鑑みてなされたものであり、外部の計器では測定できないパラメータの変化を把握することで、半導体のプラズマプロセスを安定な状態で行え、かつ、高品質な半導体を製造することができる半導体製造条件設定方法、半導体製造条件設定装置、この装置を用いた半導体製造装置、及びこの半導体製造装置により製造された半導体基板を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、請求項1記載の発明に係る半導体製造条件設定方法は、チャンバ内に発生させたプラズマを使用して被処理基板に処理を施す半導体製造工程の製造条件を設定する方法であって、プラズマに光を照射する工程と、プラズマを透過した光を分光する工程と、分光された透過光の各波長の透過光強度を算出する工程と、透過光強度に基づいて、プラズマにおける吸収波長を算出する工程と、製造条件である複数のパラメータの値を増減変化させたときに当該パラメータの増減変化に伴って透過光強度が変化する吸収波長の中から、少なくとも二以上の吸収波長を対応波長として各パラメータごとに選択する工程と、パラメータの値と、各対応波長の透過光強度に基づく値との関係を示す基準透過光データを各パラメータごとに作成する工程と、パラメータの許容範囲に対応した、各対応波長の透過光強度に基づく範囲である許容透過光範囲を各パラメータごとに決定する工程と、被処理基板に処理を施す際に得られる透過光の各対応波長の透過光強度である処理中透過光強度を算出する工程と、基準透過光データに基づいて、処理中透過光強度に応じた候補パラメータを各パラメータの中から選定する工程と、処理中透過光強度に基づく値が許容透過光範囲を越えたときに、当該処理中透過光強度に基づく値が許容透過光範囲内になるまで候補パラメータの値を調整する工程とを備えることを特徴とする。

【0009】請求項1記載の発明に係る半導体製造条件設定方法によれば、まず、プラズマへ光を照射した際に、この光の或る波長成分がプラズマ内の粒子によって吸収される。プラズマを透過した光は、例えば、回折格子等によって分光され、分光された透過光は、リニアイメージセンサー等によって受光されて、各波長における透過光強度が算出される。この透過光強度を求めれば、透過光のどの波長成分がプラズマ内の粒子によって吸収されたかが求まる。分光された透過光の吸収波長の中には、高周波電力等のパラメータの値を増減変化させたときに、当該パラメータの変化に伴ってプラズマを透過した後の強度が変化するものがあるが、この透過光強度が変化する吸収波長の中から少なくとも二以上の波長が対応波長として選択される。対応波長の選択は、各パラメータごと、すなわち、高周波電力、ガス流量等のパラメータそれぞれについて行われる。

【0010】対応波長が選択された後、パラメータの値と、各対応波長の透過光強度との関係を示す基準透過光データが各パラメータごとに作成される。基準透過光データが作成される一方、パラメータの許容範囲に対応する各対応波長の透過光強度に基づく範囲である許容透過光範囲も決定される。ここで、パラメータの許容範囲について説明すると、パラメータが所望範囲から外れてある値（異常値）になると、半導体製造工程を経た被処理基板が目的の機能を果たさなくなるが、例えば、この異常

値から十分なマージンを考慮したものが、パラメータの許容範囲となる。尚、パラメータの所望範囲とは、半導体製造工程を経た被処理基板に不具合が生じなかった場合の理想的な範囲を意味するものである。

【0011】各パラメータごとの許容透過光範囲が算出された後、被処理基板に実際に処理が施され、プラズマを透過した透過光の各対応波長の光強度である処理中透過光強度が算出される。そして、基準透過光データに基づいて、数種類のパラメータの中から、処理中透過光強度に応じた候補パラメータが選定される。さらに、処理中透過光強度が許容透過光範囲を越えたときに、処理中透過光強度が許容透過光範囲内になるまで候補パラメータの値が調整されて、チャンバ内の各パラメータを所望範囲の近傍に設定・維持することができる。これにより、半導体製造工程を安定な状態で行うことができる。

【0012】請求項2記載の発明は、請求項1記載の半導体製造条件設定方法において、パラメータが、プラズマを生成するための高周波電力、プラズマを生成するための周波数、プラズマ内に含まれるイオン又はラジカルを被処理基板方向へ誘導するためのバイアス電圧、チャンバ内に流入するガスの流量、チャンバ内の圧力、プラズマを高密度に維持するための磁界の強さ、又はチャンバ内の温度のうちの少なくとも一つであることを特徴とする。

【0013】請求項3記載の発明に係る半導体製造条件設定装置は、チャンバ内に発生させたプラズマを使用して被処理基板に処理を施す半導体製造工程の製造条件を設定する装置であって、プラズマに向けて光を出力する光出力手段と、プラズマを透過した光を分光する分光手段と、透過光の分光方向に分解能を有し、分光された透過光の各波長成分を受光するとともに当該透過光の各波長の強度に応じた電気信号を出力する光検出手段と、光検出手段から出力された電気信号に基づいて、透過光の各波長の強度を算出する透過光強度算出手段と、透過光強度算出手段より算出された透過光強度に基づいて、プラズマにおける吸収波長を算出する吸収波長算出手段と、製造条件である複数のパラメータの値を増減変化させたときに当該パラメータの増減変化に伴って透過光強度が変化する吸収波長の中から、少なくとも二以上の吸収波長を対応波長として各パラメータごとに選択する対応波長選択手段と、パラメータの値と、各対応波長の透過光強度に基づく値との関係を示す基準透過光データを各パラメータごとに作成する基準透過光データ作成手段と、パラメータの許容範囲に対応した、各対応波長の透過光強度に基づく範囲である許容透過光範囲を各パラメータごとに決定する許容透過光範囲決定手段と、被処理基板に処理を施す際に得られる透過光の各対応波長の透過光強度である処理中透過光強度を算出する処理中透過光強度算出手段と、基準透過光データに基づいて、処理中透過光強度に応じた候補パラメータを各パラメータの

10

20

30

40

50

中から選定する候補パラメータ選定手段とを備えることを特徴とする。

【0014】請求項3記載の発明に係る半導体製造条件設定装置によれば、まず、光出力手段から出力された光がプラズマを透過する際に、この光の或る波長成分がプラズマ内の粒子によって吸収される。プラズマを透過した光は、例えば、回折格子等の分光手段によって分光される。さらに、分光された透過光は、透過光の分光方向に分解能を有する光検出手段によって検出され、当該光検出手段は、当該透過光の各波長の強度に応じた電気信号を出力する。光検出手段から発せられた電気信号を受信した透過光強度算出手段は、この電気信号に基づいて、透過光の各波長における透過光強度を算出する。さらに、吸収波長算出手段は、この透過光強度を参照して、透過光のどの波長成分がプラズマ内の粒子によって吸収されたかが求まる。分光された透過光の吸収波長の中には、高周波電力等のパラメータの値を増減変化させたときに、当該パラメータの変化に伴って透過光強度が変化するものがあるが、対応波長選択手段によって、この透過光強度が変化する波長の中から少なくとも二以上の波長が対応波長として選択される。対応波長の選択は、各パラメータごと、すなわち、高周波電力、ガス流量等のパラメータそれぞれについて行われる。

【0015】対応波長が選択された後、基準透過光データ作成手段によって、パラメータの値と、各対応波長の透過光強度との関係を示す基準透過光データが各パラメータごとに作成される。基準透過光データが作成される一方、許容範囲決定手段によって、パラメータの許容範囲に対応する各対応波長の透過光強度に基づく範囲である許容透過光範囲が決定される。各パラメータごとに許容透過光範囲が決定された後、被処理基板に実際に処理が施され、処理中透過光強度算出手段によって、プラズマを透過した透過光の各対応波長の光強度である処理中透過光強度が算出される。そして、候補パラメータ選定手段によって、数種類のパラメータの中から処理中透過光強度に応じた候補パラメータが基準透過光データに基づいて選定される。

【0016】候補パラメータが選定された後、当該候補パラメータの基準透過光データ等が、例えば、ディスプレイ等に表示される。そして、処理中透過光強度が許容透過光範囲を越えたときに、オペレータは、高周波発生器等の各種計器を操作することにより候補パラメータの値を調整し、処理中透過光強度を許容透過光範囲内に収める。これにより、チャンバ内のパラメータを所望範囲の近傍に設定・維持することができ、半導体製造工程を安定な状態で進めることができる。

【0017】請求項4記載の発明は、請求項3記載の半導体製造条件設定装置において、制御信号を受信することにより候補パラメータの値を制御するパラメータ値制御手段と、処理中透過光強度に基づく値が許容透過光範

囲を越えたときに、処理中透過光強度に基づく値が許容透過光範囲内になるまでパラメータ値制御手段に制御信号を送信するパラメータ値設定手段とを更に備えることを特徴とする。

【0018】請求項4記載の発明に係る半導体製造条件設定装置によれば、処理中透過光強度に基づく値が許容透過光範囲を越えたときに、パラメータ値設定手段によって、処理中透過光強度に基づく値が許容透過光範囲内になるまでパラメータ値制御手段に制御信号が送信される。制御信号が、パラメータ値制御手段に到達すると、当該パラメータ値制御手段は、候補パラメータの値を制御する。これにより、チャンバ内の候補パラメータを所望範囲の近傍に自動的に設定・維持することができ、半導体製造工程を安定な状態で進めることができる。

【0019】請求項5記載の発明は、請求項3記載の半導体製造条件設定装置において、パラメータが、プラズマを生成するための高周波電力、プラズマを生成するための周波数、プラズマ内に含まれるイオン又はラジカルを被処理基板方向へ誘導するためのバイアス電圧、チャンバ内に流入するガスの流量、チャンバ内の圧力、プラズマを高密度に維持するための磁界の強さ、又はチャンバ内の温度のうちの少なくとも一つであることを特徴とする。

【0020】請求項6記載の発明は、請求項3記載の半導体製造条件設定装置において、光出力手段が出力状態にあるときに所定時間を指示する第一の受光タイミング信号および光出力手段が出力停止状態にあるときに所定時間と同時間を指示する第二の受光タイミング信号を生成するタイミング信号生成手段を備え、光検出手段は、第一の受光タイミング信号に基づいて所定時間だけ、第一受光可能状態になると共に、第二の受光タイミング信号に基づいて所定時間と同時間だけ、第二受光可能状態になり、透過光強度算出手段は、第一受光可能状態にある光検出手段から出力された電気信号と第二受光可能状態にある光検出手段から出力された電気信号との差に基づいて、透過光強度を算出することを特徴とする。

【0021】請求項6記載の発明に係る半導体製造条件設定装置によれば、光検出手段は、まず、光出力手段が光を出力しているときに、第一の受光タイミング信号に基づいて所定時間だけ第一受光可能状態となり、検出対象である透過光及び雑音であるプラズマ光を受光する。また、光検出手段は、光出力手段が光を出力していないときに、第二の受光タイミング信号に基づいて上記所定時間と同じ時間だけ第二受光可能状態となり、プラズマ光のみを受光する。そして、透過光強度算出手段は、第一受光可能状態にある光検出手段から出力された電気信号と第二受光可能状態にある光検出手段から出力された電気信号との差をとることにより、雑音であるプラズマ光の発光強度を除去して、透過光のみの強度を算出することができる。

【0022】請求項7記載の発明は、チャンバ内にプラズマを発生させ、当該プラズマを使用して被処理基板に処理を施すことにより半導体基板を製造する半導体製造装置において、請求項3～請求項6の何れか一項記載の半導体製造条件設定装置を備え、チャンバは、当該チャンバ内のプラズマの発光及び透過光を外部へ放出させるための監視窓と、当該チャンバ内に光を入射するための入射窓とを有し、半導体製造条件設定装置の分光手段は、監視窓を通過したプラズマ光及び透過光が入射する位置に配置されていることを特徴とする。

【0023】請求項7記載の発明に係る半導体製造条件設定装置によれば、チャンバに、光を入射させるための入射窓が設けられており、この入射窓からプラズマに向けて光が入射される。また、チャンバには、透過光やプラズマ光を外部へ放出させるための監視窓が設けられており、この監視窓を通過した透過光は、上述の半導体製造条件設定装置の分光手段に入射する。透過光が分光手段に入射した後は、半導体製造条件設定装置によって各パラメータの値が所望範囲の近傍に設定・維持されて、半導体製造工程を安定な状態で進めることができる。

【0024】請求項8記載の発明は、請求項7記載の半導体製造装置において、入射窓又は監視窓のうち少なくとも一方が、曇り止め手段を備えていることを特徴とする。

【0025】請求項8記載の発明に係る半導体製造装置によれば、曇り止め手段によって入射窓や監視窓の曇りが防止されるため、プラズマへの光の照射や分光手段への透過光の入射を効率良く行うことができる。

【0026】請求項9記載の発明は、請求項8記載の半導体製造装置において、曇り止め手段が、入射窓又は監視窓のうち少なくとも一方を加熱するヒータであることを特徴とする。

【0027】請求項9記載の発明に係る半導体製造装置によれば、ヒータによって入射窓や監視窓が加熱されるため、チャンバの中心から移動した反応性イオンなどの反応生成物が入射窓や監視窓に付着しにくくなり、これらの窓の曇りが防止される。

【0028】請求項10記載の発明に係る半導体基板は、請求項7～請求項9の何れか一項記載の半導体製造装置により処理を施されたことを特徴とする。

【0029】請求項10記載の発明に係る半導体基板は、チャンバ内の候補パラメータが所望範囲の近傍に維持された状態で製造されているため、例えば、エッチング等の処理が精度良くなされており、高品質である。

#### 【0030】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る半導体製造条件設定方法、半導体製造条件設定装置、この装置を用いた半導体製造装置、及びこの半導体製造装置により製造された半導体基板の好適な実施形態について詳細に説明する。尚、同一要素又は同一機能を有する要素には同一

符号を用いるものとし、重複する記載は省略する。

【0031】（第1実施形態）図1は、第1実施形態に係る半導体製造装置2の全体構成を示しており、図のように、本実施形態の半導体製造装置2には、半導体製造条件設定装置4が装備されている。尚、本実施形態に係る半導体製造装置2は、チャンバ6内にプラズマを発生させて被処理基板であるシリコンウエハ7をエッチングするプラズマドライエッチング装置である。

【0032】石英等からなる略円筒形のチャンバ6の上面には、エッチングガスである $\text{CHF}_3$ 、 $\text{CF}_4$ 、 $\text{Ar}$ 等の混合ガスをチャンバ6内へ流入させるガス導入ポート8が挿入されており、さらに、このガス導入ポート8には、エッチングガスの流入量を調節するガス導入バルブ8aが備えられている。また、チャンバ6の下面には、チャンバ6内のガスを外部に流出させて減圧するための排気ポート10が挿入されており、さらに、この排気ポート10には、ガスの流出量を調節する排気バルブ10aが備えられている。

【0033】チャンバ6の内部には、上部電極12aとウエハ7を支持する下部電極12bとが互に対向して配置されており、上部電極12aには、プラズマ13を生成するための周波数及び電力を発生させる高周波発生器14が接続され、下部電極12bには、生成されたプラズマ内に含まれるイオン又はラジカルを当該下部電極12bに誘導するバイアス電圧を供給するためのバイアス電源16が接続されている。また、下部電極12bの下方には、チャンバ6内の温度を調節するための温度調整器18が配置されている。さらに、チャンバ6の外周には、環状の磁石コイル20が設けられている。この磁石コイル20は、チャンバ6内にプラズマを捕捉する磁場を形成し、高密度のプラズマを生成、維持するものである。

【0034】また、チャンバ6の外周面の一部（図1中左側）には、外部に突出した円筒形の突出部22aが形成されており、この突出部22aの先端には、プラズマ光が透過可能な無蛍光ガラス製の入射窓24aがはめ込まれている。さらに、この外周を覆うように、曇り止め手段であるリング状のヒータ26が突出部22aの外周に配置されている。このヒータ26は、入射窓24aを加熱するためのものであり、入射窓24aの温度を周囲の突出部22aよりも高くすることによって、チャンバ6内のプラズマ13から移動した反応性イオンなどの反応生成物が入射窓24aに付着しにくくなり、入射窓24aの曇りが防止される。

【0035】一方、突出部22aと対向する位置には、突出部22bが形成されており、この突出部22bの先端には、無蛍光ガラス製の監視窓24bがはめ込まれている。さらに、この外周を覆うように、曇り止め手段であるリング状のヒータ26'が突出部22bの外周に配置されている。このヒータ26'は、監視窓24bを加

熟するためのものであり、監視窓 24b の温度を周囲の突出部 22b よりも高くすることによって、チャンバ 6 内のプラズマ 13 から移動した反応性イオンなどの反応生成物が監視窓 24b に付着しにくくなり、監視窓 24b の曇りが防止される。

【0036】また、入射窓 24a や監視窓 24b の曇りを防止するために、ヒータ 26, 26' で入射窓 24a や監視窓 24b を加熱する構成でなく、電極を設けて電位勾配を作ること、反応性イオンを入射窓 24a や監視窓 24b に近付けないようにする構成も採用することができる。図 2 は、電極を用いた例を示している。図 2 (a) の構成では、突出部 22 内に、メッシュ電極 26a が監視窓 24b と平行に配置されており、このメッシュ電極 26a に電圧を印加すると、反応性イオンがメッシュ電極 26a に吸着されて監視窓 24b まで到達しないか、メッシュ電極 26a に反発されて監視窓 24b から遠ざかる。これにより、監視窓 24b の曇りが防止される。図 2 (b) の構成では、突出部 22 の外周に環状電極 26b が配置されている。この環状電極 26b に電圧を印加すると、反応性イオンは、当該環状電極 26b に引きつけられて、突出部 26b の内周面に吸着したり、監視窓 24b 方向への移動を抑制される。このため、反応性イオンは、監視窓 24b まで到達せず、監視窓 24b の曇りが防止される。尚、ここでは、監視窓 24b を対象として電極を用いた場合を説明したが、入射窓 24a の周囲の突出部 22a にメッシュ電極 26a や環状電極 26b を配置しても良い。

【0037】次に、再び図 1 を用いて、半導体製造条件設定装置 4 の構成について説明する。本実施形態の半導体製造条件設定装置 4 は、監視窓 24 と対向してチャンバ 6 に装着される光出力部 5 を備えており、この光出力部 5 には、キセノンフラッシュランプが内装されている。このキセノンフラッシュランプは、紫外・可視から赤外にわたって、強い連続スペクトルを放射する。また、半導体製造条件設定装置 4 には、パルスタイミング信号を生成するタイミング信号生成部 11 が備えられており、光出力部 5 は、このタイミング信号生成部 11 から出力されるパルスタイミング信号に同期してパルス光を出力する。尚、パルスタイミング信号を生成するタイミング信号生成部 11 は、光出力部 5 内に内蔵しても良い。また、出力光をパルスにする他の構成として、光を通過させる光通過部と光を遮断する光遮断部とが回転板の回転方向に交互に設けられたチョップを用いる構成を採用してもよい。光出力部 5 から出力された光は、プラズマ内を通過する際に、プラズマに含まれる原子、分子、イオン、又はラジカル等の粒子によって、或る波長成分が吸収される。

【0038】また、半導体製造条件設定装置 4 は、監視窓 24 を通過してチャンバ 6 から放出される透過光を分光する分光器 28 及び分光器 28 により分光された透過

光を検出する PD (フォトダイオード) アレイ 30 を備えている。透過光は、分光器 28 の入射スリットに入射され、回折格子に照射されることによってスペクトルに分解される。尚、図示は省略するが、監視窓 24 を通過した透過光を効率よく分光器 28 に入射させるため、監視窓 24 と分光器 28 の間には、光ファイバ等が配設されている。PD アレイ 30 には、透過光の分光方向、換言すれば、スペクトルの分解方向にフォトダイオードが複数配列され、当該 PD アレイ 30 は、透過光の各波長成分を受光すると共に当該透過光を光電変換して透過光の各波長における強度に応じたアナログ信号を出力する。尚、分光器として、回折格子の代わりにフィルタを用いることができ、また、光検出器として、PD アレイ 30 の代わりに、光電子増倍管等を用いることもできる。

【0039】さらに、分光器 28 と PD アレイ 30 との間には、PD アレイ 30 とともに光検出手段を構成するゲート 29 が介在されている。このゲート 29 は、タイミング信号生成部 11 から出力される受光タイミング信号に基づいて、光の通過及び遮断の切り換えを行う。

【0040】PD アレイ 30 には、当該 PD アレイ 30 から出力されたアナログ信号をデジタル信号に変換する A/D 変換器 32 が接続され、さらに、この A/D 変換器 32 には、制御部 34 が接続されている。制御部 34 には、種々の演算処理を行う CPU 35 が内蔵されており、さらに、当該 CPU 35 には、上述の A/D 変換器 32 からデジタル信号として出力された透過光の各波長における透過光強度に関するデータ等を記憶できる RAM 35a、及び後述する基準透過光データを作成するプログラム等が記憶されている ROM 35b が接続されている。また、CPU 35 には、制御部 34 の外部に設けられたディスプレイ 36 が出力可能に、キーボード 38 が入力可能に接続されている。

【0041】ここで、図 3 を用いて、上記タイミング信号生成部 11 が生成する二つの受光タイミング信号、及びこれらの信号に基づく CPU 35 による透過光強度算出手法について説明する。図 3 の横軸は、時間の経過を示しており、縦軸は、チャンバ 6 の監視窓 24 から放出される光の強度を示している (単位は任意)。時刻  $T_{15}$  ~  $T_{1E}$ 、 $T_{25}$  ~  $T_{2E}$ 、 $T_{35}$  ~  $T_{3E}$ 、及び  $T_{45}$  ~  $T_{4E}$  は、タイミング信号生成部 11 で生成されるパルスタイミング信号に同期して、光出力部 5 からパルス光が出力されている状態である。

【0042】タイミング信号生成部 11 は、光出力部 5 にパルスタイミング信号を送信すると共に、このパルスタイミング信号に同期して光出力部 5 から出力されるパルス光と、パルス幅およびパルス間隔が同じである第一受光タイミング信号を生成する。この第一受光タイミング信号は、パルス光が出力される度に生成され、 $T_{15}$  ~  $T_{1E}$ 、 $T_{25}$  ~  $T_{2E}$ 、 $T_{35}$  ~  $T_{3E}$ 、及び  $T_{45}$  ~  $T_{4E}$  の合計

10

20

30

40

50



時間を指示することになる。このような所定時間を指示する第一受光タイミング信号がゲート 29 に入力されると、ゲート 29 は、第一受光タイミング信号が示す所定時間だけ開き、光が通過できる状態となって、分光器 28 により分光された光が PD アレイ 30 に到達する。但し、この場合、PD アレイ 30 には、検出対象である透過光のみならず雑音であるプラズマ光も入射しているが、この問題の対処法については後述する。

【0043】次に、タイミング信号生成部 11 が生成する第二受光タイミング信号について説明する。第二受光タイミング信号は、図 3 において、所定の時刻  $T_A$  および  $T_B$  ( $T_A < T_B$ ) を示すものである。ここで、時刻  $T_A$  は、光出力部 5 から光が出力されていない状態における任意の時刻であり、時刻  $T_B$  は、任意の時刻  $T_A$  から、 $T_{15} \sim T_{16}$ 、 $T_{25} \sim T_{26}$ 、 $T_{35} \sim T_{36}$ 、 $T_{45} \sim T_{46}$  の合計時間が経過した時刻である。このような時刻  $T_A$  と  $T_B$  との間の所定時間を指示する第二受光タイミング信号がゲート 29 に入力されると、ゲート 29 は、当該第二受光タイミング信号が示す所定時間 ( $T_A \sim T_B$ ) だけ開き、光通過状態となって、分光器 28 により分光された光が PD アレイ 30 に到達する。この際、ゲート 29 は、第二受光タイミング信号に従って、透過光が発生していないときに開いているため、PD アレイ 30 は、雑音であるプラズマ光のみを受光することになる。

【0044】以上のように、第一受光タイミング信号および第二受光タイミング信号を受信することにより受光可能状態となった PD アレイ 30 は、第一受光タイミング信号を受信した際に受光した光の強度に応じた電気信号と、第二受光タイミング信号を受信した際に受光した光の強度に応じた電気信号とをそれぞれ A/D 変換器 32 を介して CPU 35 に送信する。そして、これら二つの電気信号を受信した CPU 35 は、これらの電気信号の差を求めることにより、透過光の強度を算出する。すなわち、検出対象である透過光の強度と雑音であるプラズマ光の発光強度とが合わさった値から、プラズマ光の発光強度を差し引くことにより透過光の強度のみを求めている。尚、第一受光タイミング信号のパルス幅およびパルス間隔は、必ずしも光出力部 5 から出力されるパルス光と等しくする必要はなく、適宜変更することができる。但し、第一受光タイミング信号が指示する所定時間と第二受光タイミング時間が指示する時間とを等しくする必要はある。

【0045】続いて、図 1 及び図 4 のフロー図を用いて、以上のように構成された半導体製造条件設定装置 4 により半導体製造装置 2 の製造条件であるパラメータを設定する過程を説明する。尚、半導体製造装置 2 には、(1)プラズマ 13 を生成するために上部電極 12a に印加される高周波電力、(2)プラズマ 13 を生成するための周波数、(3)バイアス電源により下部電極 12b に印加されるバイアス電圧、(4)チャンバ 6 内に流入するガ

スの流量、(5)チャンバ 6 内の圧力、(6)磁石コイル 20 によりチャンバ内に生成される磁界の強さ、(7)チャンバ 6 内の温度、の 7 つの製造パラメータがある。

【0046】まず、図 1 を用いて、チャンバ 6 内のプラズマの発生から、CPU 35 が吸収波長を算出するまでの過程を説明する。尚、最初に説明するエッチング処理は、ウエハに正式な処理を施すために行うものではなく、後述の基準透過光データなどの諸データを求めるために行うものである。以下、このような、諸データを求めるために行うエッチングを試験エッチングという。

【0047】ガス導入バルブ 8a を開いてチャンバ 6 内にエッチングガスを流入させつつ、排気バルブ 10a の操作によりチャンバ 6 内を所定圧に減圧し、さらに、チャンバ 6 内の温度、詳しくは、ウエハ 7 を支持する下部電極 12b の下方の温度を所定温度に設定した後、高周波発生器 14 とバイアス電源 16 を作動させて上部電極 12a と下部電極 12b との間に高周波電力を印加させることにより、電極 12a、12b 間にプラズマ 13 が発生する。このプラズマ 13 は、磁石コイル 20 により形成された磁場によって、高密度な状態が維持されている。

【0048】プラズマが発生すると、例えば、 $CF_4$  が励起されて、イオンないしはラジカルとなる。そして、このイオン等は、バイアス電圧の作用によって下部電極 12b 上に載置されたウエハ 7 方向に向けて誘導され、ウエハ 7 の表面に成膜された  $SiO_2$  膜と反応し、試験エッチングが進行する。

【0049】プラズマが発生して試験エッチングが進行すると同時に、タイミング信号生成部 11 にパルスタイミング信号を出力させ、光出力部 5 からパルス光を出力させる。プラズマ内の粒子にパルス光が当たると、当該粒子の吸収波長と同じ波長成分が吸収される。粒子によって或る波長成分が吸収された透過光は、監視窓 24 を通過して分光器 28 に到達する。この際、監視窓 24 は、ヒータ 26 によって曇り止めがなされているため、透過光は、当該監視窓 24 を容易に通過することができる。

【0050】分光器 28 の入射スリットに入射した透過光は、回折格子に照射されることによってスペクトルに分解される。そして、上述のようにゲート 29 が開いている状態の時に、スペクトルに分光された透過光は PD アレイ 30 によって受光され、透過光の各波長における強度に関するデータである透過光強度データがアナログ信号として出力される。透過光強度データがアナログ信号として A/D 変換器 32 に到達すると、当該アナログ信号はデジタル信号に変換される。そして、デジタル変換された透過光強度データは、制御部 34 の CPU 35 に送信され、CPU 35 は、透過光強度データに基づいて、透過光の各波長の透過光強度を算出するとともに、透過光強度データを RAM 35a に記憶させる。

【0051】次に、CPU35は、透過光強度に基づいて、プラズマ13内の粒子によって吸収された吸収波長を算出する。光の或る波長成分が粒子によって吸収されると、そのスペクトルに暗線が現れる。暗線が現れた部分の透過光強度は低くなっていることから、CPU35は、吸収波長を算出することができる。以上が、吸収波長の算出までの過程である。

【0052】次に、図4のフロー図を参照して、吸収波長を算出したCPU35が、エッチング中の各パラメータを所望範囲に設定・維持する制御手順を説明する。尚、パラメータの理想的な範囲である所望範囲はチャンバ外部の各種計器では求めることができないが、透過光の吸収波長から得られる情報に基づいて、パラメータを理想的な範囲に設定・維持することが、本実施形態の目的である。

【0053】まず、オペレータは、試験エッチングをしながら、各パラメータの値を強制的に増減変化させる。例えば、チャンバ6内の圧力を増減するには、排気バルブ10aを調節すればよい。但し、パラメータは一つずつ変化させ、あるパラメータを変化させている最中は、他のパラメータは変化させない。パラメータの値を強制変化させると、この変化に伴って透過光強度が変化する吸収波長が幾つかある。CPU35は、これらの透過光強度が変化した吸収波長の中から少なくとも二以上の吸収波長を対応波長として選択する(S101)。すなわち、対応波長とは、パラメータに相関を有し、当該パラメータ値の変化に伴って透過光強度が変化する吸収波長を意味する。

【0054】ここで一旦、図5を参照して、対応波長の選択方法について具体的に説明する。図5(a)は、エッチング中の透過光強度を示す透過光強度データを図示したものであり、5つの吸収波長が見られる。横軸は透過光の波長で、縦軸は透過光強度(単位は任意)である。図5(b)は、ガス流量を所望値から強制的に増加させた場合の透過光強度データを示しており、吸収波長XとYにおいて、それぞれ透過光強度の大きな増加、減少が見られる。そして、CPU35は、このように透過光強度に大きな変化の見られた吸収波長を、対応波長として選択する。選択された対応波長の波長は、RAM35aに記憶される。尚、対応波長は、三本以上選択してもよく、例えば、図5(b)において、波長Xの左隣の波長も僅かながら透過光強度が増加しているので、この波長も対応波長として選択しても良い。対応波長を選択する数などの基準は、制御部34のRAM35aやROM35bに予め記憶させておいてもよいし、また、オペレータが、キーボード38によりその都度入力するようにしてもよい。

【0055】再び、図4のフロー図を用いて、CPU35の制御手順を説明する。各パラメータごとに対応波長を選択した後、CPU35は、ROM35bに記憶され

たプログラムに基づいて、強制的に値を変化させたときのパラメータ値と各対応波長の透過光強度との関係である基準透過光データを作成する(S102)。図6は、基準透過光データをグラフ化したものであり、図6

(a)~(c)は、それぞれパラメータを高周波電力、ガス流量、圧力としたときの基準透過光データを示している。縦軸は、対応波長の透過光強度(単位は任意)を示しており、横軸は、パラメータ値の目安を示している。但し、このパラメータの値は、チャンバ6外の計器で測定した値であり、チャンバ6内のパラメータの正確な値を示しているわけではない。CPU35は、作成した基準透過光データを、RAM35aに記憶させる。

【0056】図6(a)~(c)に示されているように、高周波電力、ガス流量、圧力は、ともに波長A、B、Cの三つの波長に相関がある。図7は、図6(a)~(c)の基準透過光データに基づいて、パラメータと対応波長との関係をまとめた表であり、各パラメータの値を増加又は減少させたときに、各対応波長の透過光強度が、増加、減少、又は不変の何れになるかを示している。尚、この図において、右上がりの矢印は増加、右下がりの矢印は減少、水平な矢印は不変を意味している。図7より、例えば、高周波電力を増加させたときは、波長A、B、Cの透過光強度が全て減少し、圧力を増加させたときは、波長Aの透過光強度は減少、波長Bの透過光強度は不変、波長Cの透過光強度は増加、となることがわかる。

【0057】再び、図4のフロー図を用いて、CPU35の制御手順を説明する。基準透過光データを作成した後、CPU35は、この基準透過光データに基づいて、パラメータの許容範囲に対応する各対応波長の透過光強度の範囲である許容透過光範囲を決定する(S103)。尚、パラメータの許容範囲は、試験エッチングを繰り返すことによって見出される。エッチング中に、高周波電力が正常に変動すれば、高周波電力が要因となる製品不良は当然起こらない。ところが、エッチング開始後のある時刻において、高周波電力をある値以上まで強制的に増加させれば、ウエハ上に塗布されているレジスト膜がプラズマからの加熱によって熱変質を起こす。レジスト膜が変質すると、エッチングが設計通りに行われず、製品の不良につながることになる。すなわち、このときの電力値が、製品に不具合を生じさせない上限になる。

【0058】一方、高周波電力をある値まで減少させると、プラズマ密度の不足と、ウエハ温度の不足からエッチング速度が低下し、エッチング処理に長時間を要する。すなわち、このときの電力値が、製品に不具合を生じさせない下限になる。そして、これらの上限および下限から十分なマージンを考慮したものが、他のパラメータが一定条件下にあるときの高周波電力の許容範囲となり、このときの透過光強度が許容透過光範囲となる。オ

オペレータが、許容透過光範囲の上限値及び下限値を入力すると、CPU 35は、これらの値で規定される範囲を許容透過光範囲として決定する。許容透過光範囲を決定した後、CPU 35は、許容透過光範囲に関するデータをRAM 35aに記憶させる。

【0059】尚、エッチング精度を向上したい場合は、許容透過光範囲を狭めて入力すればよい。また、高周波電力に限られず、ガス流量や圧力を強制的に変化させた場合についても、エッチング形状の不良、エッチング速度の低下、および面内の不均一性など、エッチング処理後のウェハの特性に悪影響の出る場合を予め把握して、許容透過光範囲を定める。また、チャンバ6内の温度のように、エッチング開始から時々刻々と値が変動するパラメータについては、エッチング開始から任意の時間ごとに許容透過光範囲が決定されることになる。さらにまた、オペレータが許容透過光範囲を決定せず、CPU 35が、許容透過光範囲を決定するように構成することもできる。例えば、試験エッチングを終えた後、完成したウェハ7が高品質であり、エッチング処理が理想的なパラメータ値の下で行われていたことを確認したオペレータが、そのときの各対応波長の透過光強度を入力する。そして、CPU 35は、入力された透過光強度に所定の許容誤差を設け、この許容誤差の範囲を許容透過光範囲として決定する。尚、許容誤差の範囲を変更することで、許容透過光範囲の幅を調整することができる。

【0060】以上のステップ103までで試験エッチングは終了し、次に、ウェハ7に対するエッチング処理が実際に開始され、半導体製造条件設定装置4は、エッチング中に各パラメータの値を許容範囲内に設定・維持する。以下、この過程を説明する。

【0061】プラズマ内を通過した透過光は、分光器28によりスペクトルに分光され、この各波長成分の透過光強度データは、PDアレイ30及びA/D変換器32を介して、CPU 35に到達する。ここで、CPU 35は、RAM 35aから、各パラメータの基準透過光データと対応波長の波長に関するデータとを呼び出す。この後、CPU 35は、透過光強度データのうち、対応波長の透過光強度のみを監視することになり、随時、エッチング処理中の各対応波長の透過光強度を処理中透過光強度として算出する(S104)。

【0062】処理中透過光強度を算出した後、CPU 35は、基準透過光データに基づいて、処理中透過光強度に応じた候補パラメータを各パラメータの中から選定する(S105)。候補パラメータとは、処理中透過光強度の変化に影響を与えたパラメータを意味する。ここで、基準透過光データをまとめた図7を用いて、候補パラメータの選定方法を説明する。例えば、エッチング中に、波長A、B、Cの透過光強度が全て減少したような場合には、図7上段に示す相関から、高周波電力が何らかの原因で増加したと推定され、高周波電力が候補パラ

メータとして選定される。また、波長AとBの透過光強度が減少し、波長Cの透過光強度が増加したような場合には、図7中段の相関から、チャンバ6内のガス流量が何らかの原因で減少したと推定され、ガス流量が候補パラメータとして選定される。さらに、波長Bの透過光強度が変化せず、波長Aの透過光強度が増加し、波長Cの透過光強度が減少したような場合には、図7下段の相関から、チャンバ6内の圧力が何らかの原因で増加したと推定され、圧力が候補パラメータとして選定される。

【0063】尚、図7に示すデータでは、各パラメータごとに各対応波長の変化の組み合わせが異なるため、三つの対応波長の増減変化を求めれば、一つのパラメータを決定できる。しかし、ある二つのパラメータを増減変化させたときに、三つの対応波長が全て同じ変化をする場合もあり得る。このような場合、CPU 35は、選択する対応波長の数を増やしたり、処理中発光強度の値そのものを基準透過光データの値と比較して、候補パラメータを選択する。

【0064】再び、図4のフロー図を用いて、CPU 35の制御手順を説明する。候補パラメータを選択した後、CPU 35は、候補パラメータに対応する基準透過光データをディスプレイ36に表示する(S106)。このとき、ディスプレイ36には、(1)エッチング開始後の時刻、(2)RAM 35aから呼び出された、エッチング開始後の時刻における候補パラメータの許容透過光範囲、及び(3)現在の処理中透過光強度も併せて表示される。エッチング中に何らかの原因で候補パラメータが許容範囲を越えて異常値になったときは、ディスプレイ36に表示された処理中透過光強度が変化して許容透過光範囲を越える。このとき、オペレータは、許容透過光範囲の限界値と処理中透過光強度との差を求め、さらに、この差を埋めるには候補パラメータの値をどれだけ調整すれば良いかを、基準透過光データを参照して求める。

【0065】候補パラメータの調整量を求めたオペレータは、候補パラメータの値を正常な範囲に戻すべく、高周波発生器等の各種計器を操作する。そして、処理中透過光強度が許容透過光範囲内になるまで各種計器を操作することにより、チャンバ6内の候補パラメータを所望範囲の近傍に設定・維持することができ、これにより、エッチング処理を安定な状態で進めることができる。尚、処理中透過光強度が許容透過光範囲を越えたときに、CPU 35が、その旨をアラームでオペレータに知らせるように構成してもよい。また、許容透過光範囲の限界値と処理中透過光強度との差をオペレータが求めるのではなく、CPU 35が求めるようにしてもよい。

【0066】基準透過光データをディスプレイ36に表示した後、CPU 35は、エッチングがエンドポイントに達しているか否かを判定する(S107)。尚、CPU 35は、エッチングがエンドポイントに達したか否か

の判定をするにあたって、ROM 35b に記憶されているデータや、オペレータにより入力された演算式を参照する。エンドポイントに達していないときは、ステップ 104 にリターンして、再び処理中透過光強度の算出を行う。一方、エンドポイントである場合は、ステップ 108 に進み、エッチングが終了した旨をディスプレイ 36 に表示してオペレータに知らせる。また、チャンバ 6 にエッチング終了指令を送出するように構成することも当然可能である。

【0067】(第 2 実施形態) 図 8 は、第 2 実施形態に係る半導体製造装置 2 の全体構成を示しており、本実施形態が第 1 実施形態と異なるのは、半導体製造条件設定装置 4 に、各パラメータ値を制御する制御部 40~50 が装備されている点である。高周波制御部 40 は、高周波発生器 14 に制御信号を送信して高周波電力および周波数を制御するもので、磁界制御部 42 は、磁石コイル 20 に制御信号を送信してチャンバ 6 内の磁界の強さを制御するものである。また、温度制御部 44 は、温度調整器 18 に制御信号を送信してチャンバ 6 内の温度を制御するもので、バイアス電圧制御部 46 は、バイアス電源 16 に制御信号を送信してバイアス電圧を制御するものである。さらに、圧力制御部 48 は、排気バルブ 10a に制御信号を送信してチャンバ 6 内の圧力を制御するものであり、ガス流量制御部 50 は、ガス導入バルブ 8a に制御信号を送信してガス流量を制御するものである。これらの制御部 40~50 は、全て制御部 34 の CPU 35 に接続されている。

【0068】続いて、図 9 のフロー図を用いて、以上のように構成された半導体製造条件設定装置 4 により半導体製造装置 2 の製造条件であるパラメータを設定する過程を説明する。但し、ステップ 101 の対応波長の選択から、ステップ 105 の候補パラメータの選定までは、第 1 実施形態と同様であるため説明を省略する。

【0069】ステップ 105 で候補パラメータを選定した後、CPU 35 は、処理中透過光強度が各パラメータの許容透過光範囲を越えたか否かを判定する (S106)。処理中透過光強度が許容透過光範囲を越えないときはエッチングが正常に行われていることを意味し、ステップ 109 に進んで、エッチングがエンドポイントに達しているか否かを判定する。エンドポイントに達していないときは、ステップ 104 にリターンして、再び処理中透過光強度の算出が行われる。一方、エンドポイントである場合は、ステップ 110 に進み、エッチングが終了した旨をディスプレイ 36 に表示してオペレータに知らせるとともに、CPU 35 は、各制御部 40~50 に停止信号を送信して、各制御部 40~50 は、それぞれ高周波発生器 14、磁石コイル 20、温度調整器 18、バイアス電源 16、排気バルブ 10a、ガス導入バルブ 8a に終了信号を送信して、エッチング終了動作を行わせる。

【0070】一方、ステップ 106 において、処理中透過光強度が許容透過光範囲を越えたときは、CPU 35 は、各制御部 40~50 に制御信号を送信する。例えば、候補パラメータとして、温度が選択されたとする。この場合において、各対応波長の処理中透過光強度が温度に関する許容透過光範囲を越えたときは、CPU 35 (パラメータ値設定手段) は、温度制御部 44 に温度を制御する旨の指令を送信し、当該指令を受信した温度制御部 44 (パラメータ値制御手段) は、温度調整器 18 を調整する。

【0071】温度制御部 44 に指令を送信した後、CPU 35 は、各対応波長の処理中透過光強度が許容透過光範囲内になったか否かを判定する (S108)。各対応波長の処理中透過光強度が許容透過光範囲内にならない場合は、CPU 35 は、ステップ 107 にリターンして、再び温度制御部 44 へ温度を制御する旨の指令を送信する。一方、各対応波長の処理中透過光強度が許容透過光範囲内になった場合は、温度がその時間における理想的な値にあることになり、ステップ 109 に進んで、エッチングがエンドポイントに達しているか否かを判定する。尚、本実施形態では、温度を制御する場合について説明したが、他のパラメータについても、同様に制御することができる。

【0072】エッチングがエンドポイントに達した場合は、ステップ 111 に進み、エッチングが終了した旨をディスプレイ 36 に表示してオペレータに知らせるとともに、CPU 35 は、各制御部 40~50 に停止信号を送信して、各制御部 40~50 は、それぞれ高周波発生器 14、磁石コイル 20、温度調整器 18、バイアス電源 16、排気バルブ 10a、ガス導入バルブ 8a に終了信号を送信して、エッチング終了動作を行わせる。本実施形態の半導体製造装置 2 によれば、CPU 35 が各対応波長の処理中透過光強度を許容範囲内にすることで各パラメータを所望範囲に近付けることができるため、オペレータが操作する必要がなくなる。このため、エッチング処理をスムーズに進めつつ、高品質の半導体基板を得ることができる。しかも、不良製品が低減し、歩留まりの改善を行える。また、半導体製造装置が安定状態から逸脱する機会が減少するため、装置の稼働時間が延びて、全体としての生産性が向上する。

【0073】(第 3 実施形態) 第 3 実施形態の半導体製造条件設定装置の構成は、第 2 実施形態の構成と同様である。第 2 実施形態の半導体製造条件設定装置 4 と異なるのは、各パラメータを理想的な範囲に設定・維持するために透過光の強度そのものを用いるのではなく、各対応波長の透過光強度の比を用いる点に特徴がある。具体的には、基準透過光データを、パラメータの値と各波長の透過光強度の比の値 (透過光強度に基づく値) との関係を示すものとし、許容透過光範囲を各対応波長の透過光強度の比で定めた範囲 (透過光強度に基づく範囲) に

する。そして、各対応波長ごとに算出した処理中透過光強度の比の値（処理中透過光強度に基づく値）が許容透過光範囲を越えたときに、候補パラメータの値が調整されることになる。

【0074】本実施形態の半導体製造条件設定装置によれば、各対応波長の透過光強度の値そのものでなく、各対応波長間の透過光強度の比を用いて各種演算処理を行っているため、あるエッチング処理で、例えば、チャンバ外部の環境温度が変化してPDアレイの感度が低下したとしても、各対応波長の透過光強度の相対値は殆ど変わらないので、基準透過光データとの比較の際に誤差が生じにくく、候補パラメータを所望範囲の近傍に効率よく維持することができる。

【0075】以上、本発明者によってなされた発明を実施形態に基づき具体的に説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではない。例えば、ウェハへの処理はエッチングに限られず、スパッタリングやプラズマCVDなど、他のプラズマプロセスでもよい。

#### 【0076】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、吸収波長における透過光強度の変化を監視することで、外部の計器では測定できないパラメータの変化を把握することができ、半導体のプラズマプロセスを安定な状態で行え、かつ、高品質な半導体を製造することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施形態に係る半導体製造装置の全体構成図である。

【図2】図2（a）は、監視窓の曇りを防止するためにメッシュ電極を用いた構造を示す図である。図2（a）は、監視窓の曇りを防止するために環状電極を用いた構

\* 造を示す図である。

【図3】タイミング信号生成部による受光タイミング信号の生成方法を説明するために用いた図である。

【図4】第1実施形態に係るCPUの制御手順を示すフロー図である。

【図5】第1実施形態において対応波長の選択方法を説明するために用いた透過光強度データであり、図5

（a）は、パラメータ値を変化させる前の透過光強度を示す図である。図5（b）は、パラメータ値を強制的に変化させた場合の透過光強度を示す図である。

【図6】図6（a）は、高周波電力の基準透過光データを示す図である。図6（b）は、ガス流量の基準透過光データを示す図である。図6（c）は、圧力の基準透過光データを示す図である。

【図7】図6（a）～（c）の基準透過光データに基づいて、パラメータと対応波長との関係をまとめた表である。

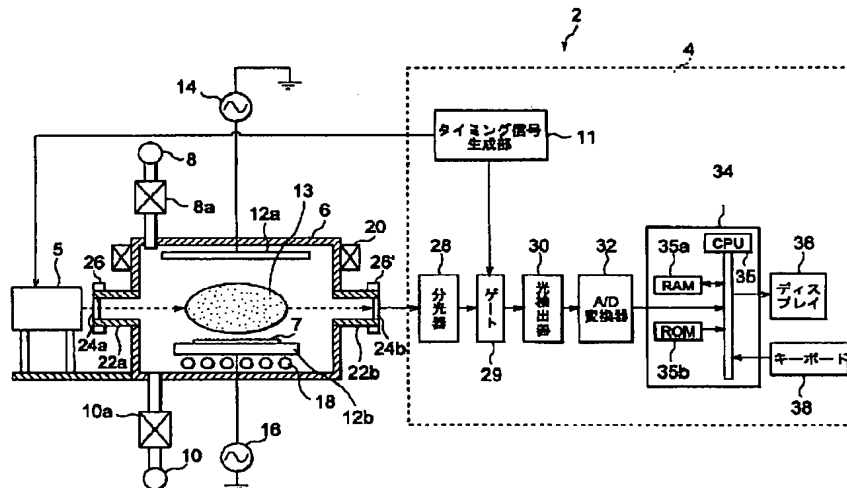
【図8】第2実施形態に係る半導体製造装置の全体構成図である。

【図9】第2実施形態に係るCPUの制御手順を示すフロー図である。

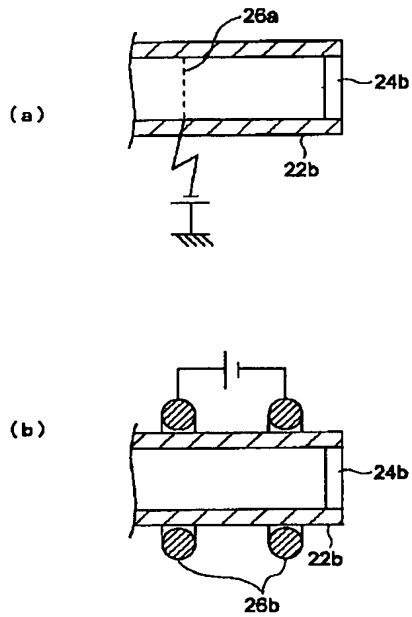
#### 【符号の説明】

2…半導体製造装置、4…半導体製造条件設定装置、5…光出力部、6…チャンバ、7…ウェハ、8…ガス導入ポート、8a…ガス導入バルブ、10…排気ポート、10a…排気バルブ、11…タイミング信号生成部、12a…上部電極、12b…下部電極、13…プラズマ、14…高周波発生器、16…バイアス電源、18…温度調整器、20…磁気コイル、22…突出部、24…監視窓、26…ヒータ、29…ゲート、34…制御部。

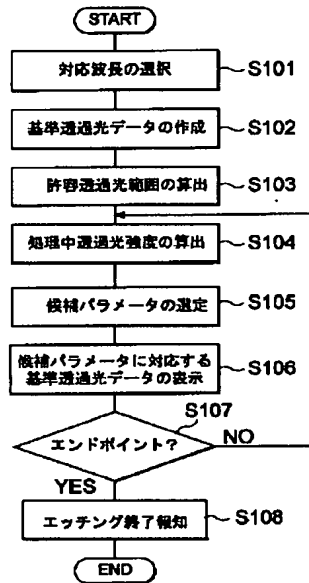
【図1】



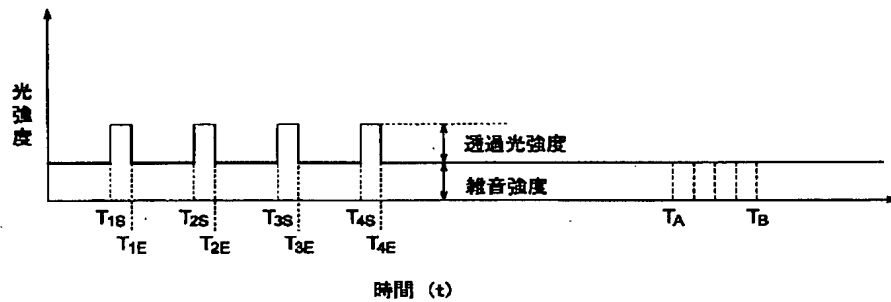
【図 2】



【図 4】



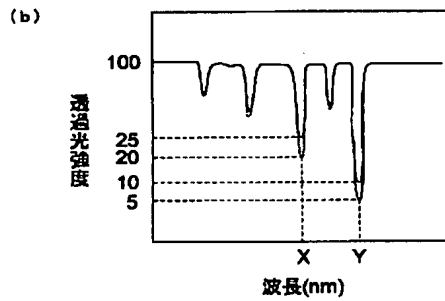
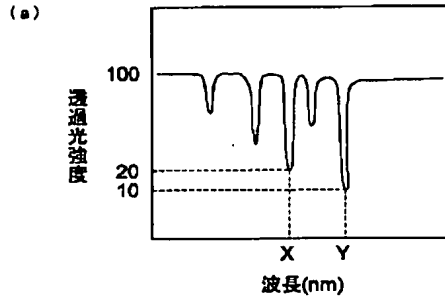
【図 3】



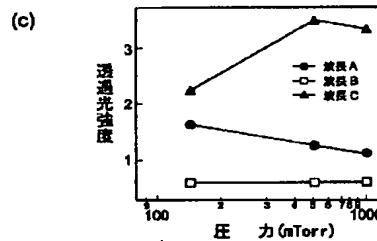
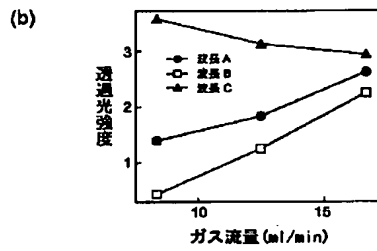
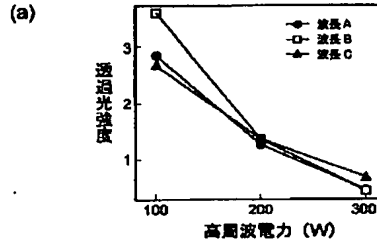
【図 7】

		波長 A	波長 B	波長 C
高周波電力	増加	↘	↘	↘
	減少	↗	↗	↗
ガス流量	増加	↗	↗	↘
	減少	↘	↘	↗
圧力	増加	↘	→	↗
	減少	↗	→	↘

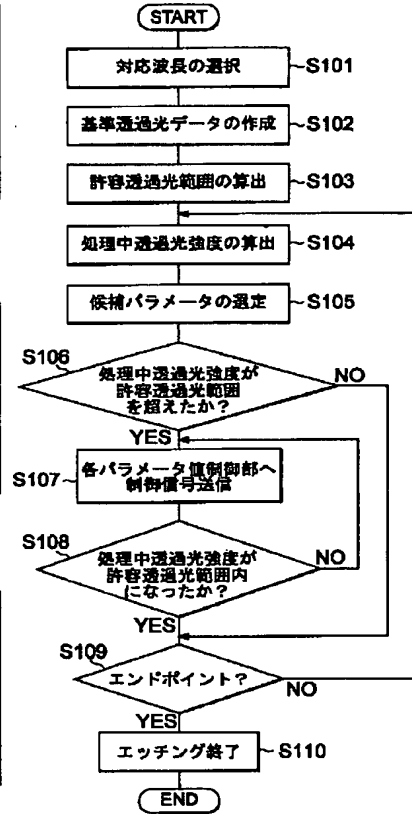
【図5】



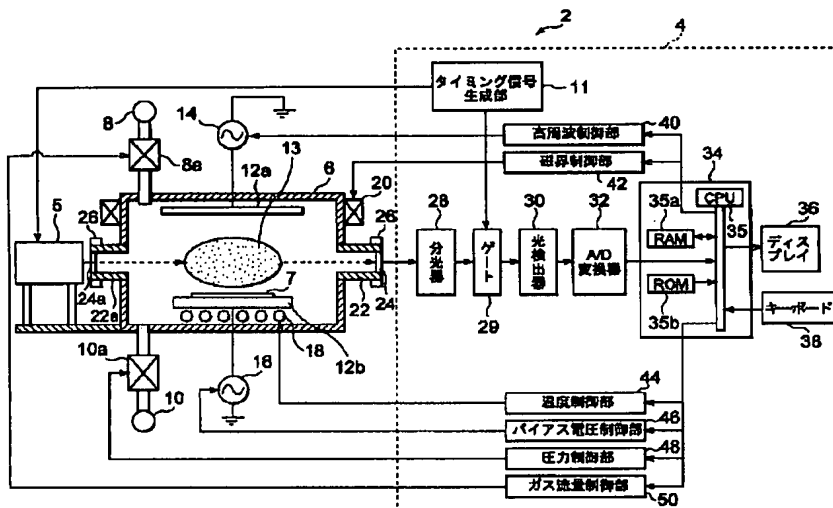
【図6】



【図9】



【図8】



フロントページの続き

F ターム(参考) 5F004 BA08 BB02 BB07 BB11 BB13  
CA02 CA03 CA06 CA08 CB02  
CB16  
5F045 AA08 AA19 BB01 BB04 EH01  
EH13 EH16 EH20 GB05 GB06  
GB07 GB08 GB16 GB17  
5F103 AA08 AA10 BB42 BB48 BB51  
BB52 BB54 BB56 BB57 BB58  
BB59 NN01 NN02 NN03 NN04  
NN05



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載  
【部門区分】第7部門第2区分  
【発行日】平成16年7月15日(2004. 7. 15)

【公開番号】特開2000-21855(P2000-21855A)  
【公開日】平成12年1月21日(2000. 1. 21)  
【出願番号】特願平10-184647  
【国際特許分類第7版】

H O 1 L 21/3065

H O 1 L 21/203

H O 1 L 21/205

【F I】

H O 1 L 21/302 E

H O 1 L 21/203 S

H O 1 L 21/205

【手続補正書】

【提出日】平成15年6月25日(2003. 6. 25)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

チャンバ内に発生させたプラズマを使用して被処理基板に処理を施す半導体製造工程の製造条件を設定する方法であって、  
前記プラズマに光を照射する工程と、  
前記プラズマを透過した前記光を分光する工程と、  
分光された前記透過光の各波長の透過光強度を算出する工程と、  
前記透過光強度に基づいて、前記プラズマにおける吸収波長を算出する工程と、  
前記製造条件である複数のパラメータの値を増減変化させたときに当該パラメータの増減変化に伴って前記透過光強度が変化する前記吸収波長の中から、少なくとも二以上の前記吸収波長を対応波長として前記各パラメータごとに選択する工程と、  
前記パラメータの値と、前記各対応波長の前記透過光強度に基づく値との関係を示す基準透過光データを前記各パラメータごとに作成する工程と、  
前記パラメータの許容範囲に対応した、前記各対応波長の前記透過光強度に基づく範囲である許容透過光範囲を前記各パラメータごとに決定する工程と、  
前記被処理基板に前記処理を施す際に得られる前記透過光の前記各対応波長の透過光強度である処理中透過光強度を算出する工程と、  
前記基準透過光データに基づいて、前記処理中透過光強度に応じた候補パラメータを前記各パラメータの中から選定する工程と、  
前記処理中透過光強度に基づく値が前記許容透過光範囲を越えたときに、当該処理中透過光強度に基づく値が前記許容透過光範囲内になるまで前記候補パラメータの値を調整する工程と、  
を備えることを特徴とする半導体製造条件設定方法。

【請求項2】

前記パラメータは、前記プラズマを生成するための高周波電力、前記プラズマを生成するための周波数、前記プラズマ内に含まれるイオン又はラジカルを前記被処理基板方向へ誘導するためのバイアス電圧、前記チャンバ内に流入するガスの流量、前記チャンバ内の圧

力、前記プラズマを高密度に維持するための磁界の強さ、又は前記チャンバ内の温度のうちの少なくとも一つであることを特徴とする請求項1記載の半導体製造条件設定方法。

【請求項3】

チャンバ内に発生させたプラズマを使用して被処理基板に処理を施す半導体製造工程の製造条件を設定する装置であって、  
前記プラズマに向けて光を出力する光出力手段と、  
前記プラズマを透過した前記光を分光する分光手段と、  
前記透過光の分光方向に分解能を有し、分光された前記透過光の各波長成分を受光するとともに当該透過光の各波長の強度に応じた電気信号を出力する光検出手段と、  
前記光検出手段から出力された電気信号に基づいて、前記透過光の各波長の強度を算出する透過光強度算出手段と、  
前記透過光強度算出手段より算出された透過光強度に基づいて、前記プラズマにおける吸収波長を算出する吸収波長算出手段と、  
前記製造条件である複数のパラメータの値を増減変化させたときに当該パラメータの増減変化に伴って前記透過光強度が変化する前記吸収波長の中から、少なくとも二以上の前記吸収波長を対応波長として前記各パラメータごとに選択する対応波長選択手段と、  
前記パラメータの値と、前記各対応波長の前記透過光強度に基づく値との関係を示す基準透過光データを前記各パラメータごとに作成する基準透過光データ作成手段と、  
前記パラメータの許容範囲に対応した、前記各対応波長の透過光強度に基づく範囲である許容透過光範囲を前記各パラメータごとに決定する許容透過光範囲決定手段と、  
前記被処理基板に前記処理を施す際に得られる前記透過光の前記各対応波長の透過光強度である処理中透過光強度を算出する処理中透過光強度算出手段と、  
前記基準透過光データに基づいて、前記処理中透過光強度に応じた候補パラメータを前記各パラメータの中から選定する候補パラメータ選定手段と、  
を備えることを特徴とする半導体製造条件設定装置。

【請求項4】

制御信号を受信することにより前記候補パラメータの値を制御するパラメータ値制御手段と、  
前記処理中透過光強度に基づく値が前記許容透過光範囲を越えたときに、当該処理中透過光強度に基づく値が前記許容透過光範囲内になるまで前記パラメータ値制御手段に前記制御信号を送信するパラメータ値設定手段と、  
を更に備えることを特徴とする請求項3記載の半導体製造条件設定装置。

【請求項5】

前記パラメータは、前記プラズマを生成するための高周波電力、前記プラズマを生成するための周波数、前記プラズマ内に含まれるイオン又はラジカルを前記被処理基板方向へ誘導するためのバイアス電圧、前記チャンバ内に流入するガスの流量、前記チャンバ内の圧力、前記プラズマを高密度に維持するための磁界の強さ、又は前記チャンバ内の温度のうちの少なくとも一つであることを特徴とする請求項3記載の半導体製造条件設定装置。

【請求項6】

前記光出力手段が出力状態にあるときに所定時間を指示する第一の受光タイミング信号および前記光出力手段が出力停止状態にあるときに前記所定時間と同時間を指示する第二の受光タイミング信号を生成するタイミング信号生成手段を備え、  
前記光検出手段は、前記第一の受光タイミング信号に基づいて前記所定時間だけ、第一受光可能状態になると共に、前記第二の受光タイミング信号に基づいて前記所定時間と同時間だけ、第二受光可能状態になり、  
前記透過光強度算出手段は、前記第一受光可能状態にある前記光検出手段から出力された電気信号と前記第二受光可能状態にある前記光検出手段から出力された電気信号との差に基づいて、前記透過光強度を算出することを特徴とする請求項3記載の半導体製造条件設定装置。

【請求項7】

チャンバ内にプラズマを発生させ、当該プラズマを使用して被処理基板に処理を施すことにより半導体基板を製造する半導体製造装置において、

請求項 3～請求項 6 の何れか一項記載の半導体製造条件設定装置を備え、

前記チャンバは、当該チャンバ内に前記光を入射するための入射窓と、当該チャンバ内の前記プラズマの発光及び前記透過光を外部へ放出させるための監視窓とを有し、

前記半導体製造条件設定装置の前記分光手段は、前記監視窓を通過した前記プラズマ光及び前記透過光が入射する位置に配置されていることを特徴とする半導体製造装置。

【請求項 8】

前記入射窓又は前記監視窓のうち少なくとも一方は、曇り止め手段を備えていることを特徴とする請求項 7 記載の半導体製造装置。

【請求項 9】

前記曇り止め手段は、前記入射窓又は前記監視窓のうち少なくとも一方を加熱するヒータであることを特徴とする請求項 8 記載の半導体製造装置。

【請求項 10】

請求項 7～請求項 9 の何れか一項記載の半導体製造装置により前記処理を施されたことを特徴とする半導体基板。

【請求項 11】

プラズマを使用して被処理基板に処理を施す工程の条件を設定する方法であって、

前記プラズマに光を照射する工程と、

前記プラズマを透過した前記光を分光する工程と、

分光された前記透過光の各波長の透過光強度を算出する工程と、

前記透過光強度に基づいて、前記プラズマにおける吸収波長を算出する工程と、

前記条件である複数のパラメータの値を増減変化させたときに当該パラメータの増減変化に伴って前記透過光強度が変化する前記吸収波長の中から、少なくとも二以上の前記吸収波長を対応波長として前記各パラメータごとに選択する工程と、

前記パラメータの値と、前記各対応波長の前記透過光強度に基づく値との関係を示す基準透過光データを前記各パラメータごとに作成する工程と、

前記パラメータの許容範囲に対応した、前記各対応波長の前記透過光強度に基づく範囲である許容透過光範囲を前記各パラメータごとに決定する工程と、

前記被処理基板に前記処理を施す際に得られる前記透過光の前記各対応波長の透過光強度である処理中透過光強度を算出する工程と、

前記基準透過光データに基づいて、前記処理中透過光強度に応じた候補パラメータを前記各パラメータの中から選定する工程と、

前記処理中透過光強度に基づく値が前記許容透過光範囲を越えたときに、当該処理中透過光強度に基づく値が前記許容透過光範囲内になるまで前記候補パラメータの値を調整する工程と、

を備えることを特徴とするプラズマ処理における条件設定方法。

【請求項 12】

プラズマを使用して被処理基板に処理を施す工程の条件を設定する装置であって、

前記プラズマに向けて光を出力する光出力手段と、

前記プラズマを透過した前記光を分光する分光手段と、

前記透過光の分光方向に分解能を有し、分光された前記透過光の各波長成分を受光するとともに当該透過光の各波長の強度に応じた電気信号を出力する光検出手段と、

前記光検出手段から出力された電気信号に基づいて、前記透過光の各波長の強度を算出する透過光強度算出手段と、

前記透過光強度算出手段より算出された透過光強度に基づいて、前記プラズマにおける吸収波長を算出する吸収波長算出手段と、

前記条件である複数のパラメータの値を増減変化させたときに当該パラメータの増減変化に伴って前記透過光強度が変化する前記吸収波長の中から、少なくとも二以上の前記吸収波長を対応波長として前記各パラメータごとに選択する対応波長選択手段と、

前記パラメータの値と、前記各対応波長の前記透過光強度に基づく値との関係を示す基準透過光データを前記各パラメータごとに作成する基準透過光データ作成手段と、  
前記パラメータの許容範囲に対応した、前記各対応波長の透過光強度に基づく範囲である許容透過光範囲を前記各パラメータごとに決定する許容透過光範囲決定手段と、  
前記被処理基板に前記処理を施す際に得られる前記透過光の前記各対応波長の透過光強度である処理中透過光強度を算出する処理中透過光強度算出手段と、  
前記基準透過光データに基づいて、前記処理中透過光強度に応じた候補パラメータを前記各パラメータの中から選定する候補パラメータ選定手段と、  
を備えることを特徴とするプラズマ処理における条件設定装置。